

## Origen, producción y uso de pseudocereales *Chenopodium quinoa* Will (Chenopodiaceae)

### Introducción

#### Características botánicas:

*Chenopodium quinoa* Will, (Chenopodiaceae, sección *Chenopodium* y sub-sección *Cellulata*.

#### Species/varieties:

Mujica et al. (1988) expresa que la sección *Chenopodium*, comprende 4 sub-secciones: *Cellulata*, *Liosperma*, *Undata* y *Grossefoveata*.

1. *Cellulata*, pericarpio alveolado,  $2n=4x=36$ , incluye *Chenopodium quinoa* Will y *Chenopodium berlandieri* ssp. *nutalliae*, con sus parientes domesticados y silvestres: *Chenopodium quinoa* ssp. *melanospermum* y *Chenopodium hircinum*, respectivamente.

2. *Liosperma*, granos lisos: *Chenopodium pallidicaule* Aellen ( $2n=2x=18$ ). Con tres áreas de adaptación para las quínos silvestres:

a) Sudamérica: *Ch. hircinum* y *Ch. philippianum* especies puentes, con parientes progenitores de la quínoa.

b) Este de Norteamérica. *Ch. bushianum* y *Ch. macrocalycium*

c) Oeste de Norteamérica, *Ch. berlandieri*.

#### Descripción:

Planta herbácea, anual, de crecimiento erguido; raíz pivotante, muy ramificada y profunda. Tallo ramificado o no (figura 1 y 2), estriado o acanalado, de color verde o rojo, altura variable, depende del genotipo, de las condiciones ambientales y de la fertilidad del suelo, oscila entre 1 m a nivel del mar hasta 2,5 m en los valles interandinos. Hojas simples, enteras, pinnatinervadas, filotaxis alterna (figura 3), lámina polimorfa: romboidal, triangular, lobulada, de 3 -15 cm de largo, de colores variables, rojos, púrpuras, amarillos. Flores sésiles, pequeñas, forman glomérulos (figura 4).



Figura 1: Tallo ramificado



Figura 2: Tallo no ramificado



Figura 3: Filotaxis alterna



Figura 4: Flores sésiles

Perigonio con 5 piezas florales tepaloides, androceo: 5 estambres, filamentos cortos y anteras basifijas, gineceo con estilo provisto de 2- 3 estigmas plumosos. Tres tipos de flores: femeninas, hermafroditas y androestériles, autógama o alógama, dispuestas en panojas. La panoja presenta eje central, secundario y terciario, con pedicelos que sostienen los glomérulos, puede ser, amarantiforme (figura 7), compacta (figura 8), con formas intermedias. Fruto aquenio indehisciente, derivado de ovario súpero unilocular, cilíndrico-lenticular, de 2,66 mm de diámetro. En la zona ventral tiene una cicatriz que marca la inserción del fruto en el receptáculo. Perigonio membranoso, envuelve el aquenio y se desprende fácilmente. Semilla de forma lenticular (figura 9), con epispermo, embrión y perisperma (Parodi R. 1972). Epispermo, con cuatro capas, la externa, con saponina, rugosa y frágil; la 2da, estrecha y lisa; la 3era amarilla, delgada y opaca, la 4ta translúcida, con un solo estrato de células (Villacorta et al. 1976). Embrión con dos cotiledones, con frecuencia se ven 3 (Gallardo et al., 1997), gémula y radícula curvada (figura 10), periférica que envuelve al perisperma. Perisperma de color blanco, almacena los nutrientes.

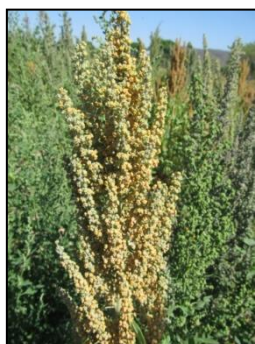


Figura 7. Panoja suelta

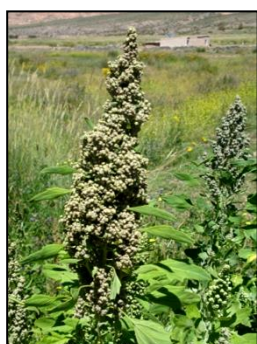


Figura 8. Panoja compacta



Figura 9. Semilla de Quínoa

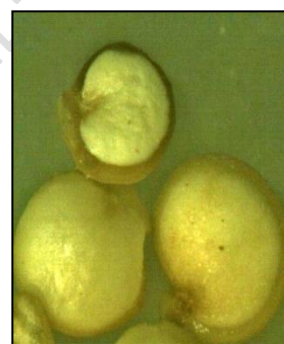


Figura 10. Quínoa, aumento:3.2x

## Pseudocereals culture

### Growth and development:

La Quínoa tiene fases fenológicas bien marcadas y diferenciadas, Mujica et al. (2001), señalan doce fases:

- Emergencia*, a los 7-10 días de la siembra se observan los cotiledones en la superficie del suelo.
- Dos hojas verdaderas*, entre los 15 a 20 días de la siembra, se alarga el epicotilo y se forman hojas verdaderas romboidales con filotaxis alterna.
- Cuatro hojas verdaderas*, a los 25-30 días de la siembra se observan, hojas cotiledonales, dos hojas verdaderas y en formación el segundo par de hojas.
- Seis hojas verdaderas*, a los 35-45 días, se observan tres pares de hojas, filotaxis alterna, las hojas cotiledonales, toman coloración amarilla.
- Ramificación*, a los 45-50 días se formaron ocho hojas, las cotiledonales abscionan y caen, se esboza la inflorescencia, protegida por las hojas sin dejar descubierta la panoja.

- f) *Inicio de panoja*, a los 55 a 60 días la inflorescencia emerge del ápice caulinar, envuelta en numerosas hojas pequeñas que cubren sus  $\frac{3}{4}$  partes, las hojas basales amarillean, el tallo se engruesa y alarga.
- g) *Panoja*, a los 65-70 días, la inflorescencia emerge por encima de las hojas, los glomérulos y en la base de estos se encuentran los botones florales.
- h) *Inicio de floración*, a los 75-80 días, la flor hermafrodita apical se abre, se ven los estambres separados.
- i) *Antesis*, a los 90-100 días, el 50% de las flores están abiertas, en la mañana hasta medio día, luego se cierran al atardecer. Las hojas inferiores absicionan y caen.
- j) *Grano lechoso*, a los 100-130 días, se observan los frutos, estos al presionarlos fluye el líquido lechoso.
- k) *Grano pastoso*, a los 130-160 días, el fruto al presionarse presenta consistencia pastosa.
- l) *Madurez fisiológica*, a los 160-180 días, el fruto muestra resistencia al ser presionado, las hojas se tornan amarillas y la planta se desfolia.

### **Climatic Requirements:**

Por la gran variabilidad genética que posee se adapta a diferentes ambientes. Se cultiva en climas desérticos, calurosos y secos, fríos y secos, templados y lluviosos, en la puna y en zonas cordilleranas en altura. La temperatura requerida, oscila entre 15-20 °C, tolera valores extremos de 38 °C a - 8 °C, si son superiores a 38 °C se produce aborto de flores, senescencia de estigmas y estambres. Se desarrolla en zonas del altiplano con 40% de humedad. Resiste la falta de humedad en el suelo, prospera en zonas con 200-250 mm anuales de precipitación.

### **Fotoperiodo y radiación:**

Hay genotipos de días cortos, largos e indiferentes, adaptándose a las condiciones de luminosidad. En los Andes, Sud América, prospera con 12 horas diarias de luz. La radiación regula la distribución de los cultivos, alcanza valores extremos en zonas altas. En Puno, Perú, el promedio anual que recibe el suelo de radiación global, es 463 cal/cm<sup>2</sup>/día. En Oruro, Bolivia, es de 489 cal/cm<sup>2</sup>/día, sin embargo el promedio de radiación neta recibida por el suelo y la vegetación en Puno, es de 176 y en Oruro, 154, por la nubosidad y la radiación reflejada por el suelo (Frere et al. 1975).

### **Suelo:**

Se desarrolla muy bien en suelo franco, con materia orgánica, buen drenaje, pendiente moderada. Es exigente en nitrógeno y calcio, poco potasio y en forma moderada fósforo. Se adapta a suelos franco arenoso, arenoso o franco arcilloso, con el aporte nutricional necesario para el desarrollo. El suelo no debe anegarse, es muy sensible al exceso de humedad en los primeros estadios. Se desarrolla en diferentes valores de pH, vegeta bien con pH 9. Prospera en suelos ácidos, con pH 4,5. Suelos con pH cercano a la neutralidad son muy apropiados (Mujica A. et al. 2001).

Es tolerante a salinidad, la germinación es el período crítico, Jacobsen et al. (1997), evaluó la tolerancia, y observó un estímulo en la tasa de germinación a bajas concentraciones de sal, disminuye con 350mM,

y con 700mM de sal, la tasa y el porcentaje de germinación es muy bajo, estableciendo este valor el límite de la tolerancia. Existen genotipos para cada una de las condiciones extremas de salinidad.

Los suelos del Altiplano Sur de Bolivia son de origen volcánico, si se encuentran presentes las cenizas volcánicas en cantidades suficientes, proporcionan menor densidad y mayor capacidad de retención de agua y fijación de fosfatos. Estos minerales arcillosos presentes en el suelo, retienen e intercambian cationes, aniones y agua. (Orsag. V et al. 2013).

### **Requerimientos hídricos:**

Resiste falta de humedad en el suelo, produce rendimientos aceptables con 200-250 mm anuales de precipitación, característica del altiplano sur boliviano, y del NO de Argentina. En estas zonas, se aplican tecnologías que ayudan a almacenar agua y se cultivan genotipos resistentes al déficit. La humedad de suelo equivalente a capacidad de campo, excede la necesidad de agua para la producción de quínoa; los productores pronostican en años secos, buenos rendimientos, no así en épocas lluviosas. En la costa de Perú, se cultiva quinua, en suelos desérticos y arenosos, con una capacidad de campo del 9%. En el altiplano peruano, la capacidad de campo, es de 22% en suelos franco-arcillosos. En el sur de Chile, Concepción, los Mapuches producen quínoa con más de 2000 mm de lluvia anuales, con genotipos adaptados a la región (Mujica A. et al. 2001).

El riego puede ser por gravedad, aspersión o goteo. Se riega por gravedad, cada 10 días en las sierras y valles interandinos, son complementarios a las precipitaciones, u obligados en época de sequía. El riego por aspersión, se realiza de mañana temprano o al anochecer; en zonas áridas y secas la frecuencia con este sistema es 2 horas de riego cada 6 días (Cardenas, 1999).

### **Preparación de suelo y labranza**

#### **Labranza tradicional:**

Se practica en el Altiplano en los Valles Interandinos, las labores se hacen con herramientas manuales, para preparar el suelo se usa “tankana”, la siembra en hoyos con “taquiza o liukana”, con el “azadón” se corta la planta en la cosecha y la trilla se efectúa con la “huaktana.

#### **Labranza mecanizada:**

Se incorporó el arado de discos, accionado por tractor, este implemento remueve el terreno, hace la estructura mullida y aireada, aumenta la humedad y el almacenaje de agua. A mediano plazo, se observan los resultados negativos de este laboreo, se pierde la estructura, se compacta, disminuye la capacidad de drenaje, la infiltración del agua, la oxigenación y contenido de materia orgánica. El suelo se erosiona, pierde fertilidad, las plantas muestran menor desarrollo radicular y se provoca la caída de rendimiento. El arado de discos, al voltear la capa arable, expone al viento las partículas pequeñas con humus y el suelo se degrada. Esto produjo un cambio tecnológico en la preparación de suelos, incorporando el uso del arado QHULLIRI (Orsag V. et al. 2013).



### Preparación de la parcela:

El terreno debe tener una pendiente adecuada, buena fertilidad y no debe anegarse. Si el cultivo anterior fue *Solanum tuberosum* L., se le ha incorporado estiércol, por lo tanto los nutrientes aplicados están disponibles para la siguiente rotación; si se desarrolló una gramínea, se debe colocar estiércol. En suelos arenosos, pobres en materia orgánica, se refuerza aplicando nitrógeno, fósforo y potasio, de acuerdo a las necesidades y del rendimiento que se pretenda obtener.

En la preparación se usa el arado de vertedera, que entierra el rastrojo del cultivo anterior, luego se hace laboreo con rastra cruzada, que desmenuza y rompe la capilaridad del suelo, reteniendo el agua de las lluvias. La rastra debe ser de dos cuerpos, con discos afilados y puntas rígidas. En la actualidad se usa el arado QHULLIRI, expresión que significa “barbechadora”. Este evita la erosión, en sectores con pendiente es de uso limitado. La labranza que realiza mantiene la estructura, no mezcla ni da vuelta la capa arable, queda en la superficie la cobertura natural, evitando la erosión. Este arado tiene dientes fijos que aflojan la tierra, cuchillas que cortan malezas y una pala horizontal que nivela el suelo barbechado.

### Siembra Tradicional:

En el altiplano seco de los salares del sur, la siembra se hace en hoyos, se cavan con la “taquiza”, a una distancia de 1,20 m entre hoyos y surcos, y de 10 a 15 cm de profundidad, se coloca la semilla mezclada con abono y se tapa. Cuando germina se dejan 4 plantas por hoyo. Se usa 3 kg/ ha de semilla. Este sistema es adecuado en condiciones secas, frías, áridas y salinas (Mujica, A. 2001). En los Valles Interandinos, la siembra se hace en surcos a una distancia de 50 cm entre sí, la semilla se coloca en la línea, usando 6 a 8 kg/ha.

### Siembra Mecanizada:

El momento de realizar la siembra depende de las condiciones ambientales, de la disponibilidad de agua y de la característica del genotipo. En Jujuy, Argentina, con precipitaciones anuales de 800 mm, se realiza siembra directa a secano a partir de la segunda quincena de Febrero; en los Valles Calchaquies, de Salta, se siembra desde octubre a diciembre, en función de las precipitaciones.

Se siembra en líneas, la distancia entre surcos, depende de la variedad, oscila entre 0,40 m a 0,80 m, se coloca 8 a 10 kg/ha, la procedencia debe ser de semilleros básicos que certifiquen la calidad de la misma.

En Salta, Argentina se usan las sembradoras de hortalizas (figura 11), la distancia entre surcos es de 0,50 cm. En extensiones grandes, se ha adaptado la sembradora de grano fino (figura 12), la distancia entre surcos es de 0,70 m - 0,80 m. La profundidad de siembra no debe superar los 2 cm.

**Labores culturales:**

En la siembra directa, se hace raleo, se eliminan las plantas débiles. El control de malezas se hace en forma manual, o mecánica, no se aplican herbicidas. Si la siembra fue tardía, hay competencia con la maleza, deben realizarse los deshierbes con cultivadoras.

**Riegos:**

En la zona andina se realiza el cultivo solo con el aporte de las lluvias (Mujica A. et al. 2001). En el Norte Argentino, 3 o 4 días antes de la siembra, se riega, la frecuencia posterior depende de la zona y de los turnos de riego. La planta necesita mayor cantidad de agua en floración y fructificación, se disminuye la frecuencia de riego al madurar.



Figura 11. Sembradora de Hortalizas.



Figura 12. Sembradora de grano fino

**Aporques:**

Se realizan cuando la planta alcanza 0,50 m a 0,70 m, esta labor acerca tierra al tallo, ayuda a que la planta se mantenga erguida cuando las panojas se han desarrollado. Elimina malezas y evita el volteo, se realiza en forma manual o mecánica.

**Fertilización:**

Es exigente en nitrógeno, fósforo y potasio, los suelos de Sudamérica son ricos en potasio, no es necesario incorporarlo, la fertilización recomendada es equivalente a la fórmula 80-40-0. En suelos arenosos y pobres en materia orgánica, se aplica la fórmula 240-200-80 (Mujica et al. 2001).

**Cosecha. Post cosecha:**

El momento oportuno depende de la variedad, de las características del suelo, temperatura y humedad. Cuando comienza a madurar, las hojas cambian de color a tonos amarillos o rojizos, en la inflorescencia se ven los frutos por la apertura del perigonio (figura 13), marcando la madurez fisiológica (Aroni J.C. 2005), las hojas inferiores abscionan y caen. Cuando el fruto está maduro se desprende, se verifica la madurez golpeando la panoja suavemente, si hay caída de granos se debe comenzar la cosecha, ésta se realiza de mañana, para evitar la caída de granos.

En el cultivo tradicional, se elige en cada hoyo o surco, las panojas maduras, se arranca la planta y se sacude para eliminar la tierra, o se corta con azadón, u hoz a 15 cm del suelo. También se usan desbrozadoras, para cortar las panojas, el resto de la planta queda para ser incorporada como materia

orgánica, esta modalidad imprime rapidez, se cosecha 2,5 ha/día con 4 operarios (Aroni J.C. 2005). En el Norte de Argentina, Salta y Jujuy, se usan las cosechadoras de trigo adaptadas (figura 14).



Figura 13. Madurez fisiológica



Figura 14. Cosechadora adaptada.

Después de la siega, se emparva o se forman arcos con las panojas, así los granos pierden humedad. Las panojas se ubican en forma de pilas alargadas o redondas, siempre en el mismo sentido. Cuando la ubicación es circular, se colocan hacia el centro las inflorescencias, luego se protegen con paja o plástico para evitar la humedad, se dejan así entre 7 a 15 días, posteriormente se trilla.

En la trilla tradicional se colocan las panojas en una manta y se golpean con la “huajtana”, luego se hace el venteo que separa los granos del resto y se exponen al sol 8 horas para disminuir la humedad al 12%. La limpieza se hace con tamices; estos clasifican el producto de la siguiente manera: 1<sup>era</sup> calidad diámetro mayor de 1,8 mm, 2<sup>da</sup> calidad menor de 1,8 mm. Se han incorporado máquinas trilladoras combinadas, que cortan, trillan y ventean, facilita el trabajo y se ahorra tiempo.

#### Almacenamiento:

Se debe efectuar en ambientes limpios, secos y ventilados. El embolsado del grano se hace en costales, bolsas de polipropileno y se ubican sobre tarimas de madera a 15 cm del suelo.

#### IV-Enfermedades

##### Mildiu:

El agente causal es *Peronospora farinosa* f. sp. *chenopodii* (Fr) Fr. Oomicete de la flia Peronosporaceae, parásito obligado, biotrófico. Ataca toda la planta, provoca defoliación, afecta el crecimiento y formación de frutos. Se desarrolla con ambiente muy húmedo, produce lesiones localizadas en hojas inferiores y se propaga a las superiores (figura 15). En la cara adaxial se observan manchas amarillas pálidas o rojizas, de tamaño y forma variable, en la abaxial se ubica el micelio de reproducción, de color gris violáceo. Se induce la caída de hojas (figura 16), enanismo y defoliación, disminución del rendimiento. En variedades susceptibles, provoca la pérdida total de cosecha (Ortiz R, et al. 1976).



Fig. 15. Mildiu.



Fig. 16. Mildiu, caída de hojas

Control preventivo: caldo bordelés. Se debe evitar el anegamiento, el ambiente húmedo es propicio para el desarrollo, se debe realizar control de insectos chupadores y picadores que transmiten la infección.

#### **Mancha Foliar:**

El agente causal es *Ascochyta hyalospora* Cooke & Ell. Hongo Ascomiceto, afecta hojas y tallos, se observan manchas circulares, hundidas con márgenes oscuros, se transmite por semillas infectadas y por desechos de las plantas enfermas. Este hongo no vive en el suelo y no sobrevive cuando los restos vegetales se han descompuesto, se puede eliminar con una rotación de 3 o 4 años.

#### **Mancha Bacteriana:**

*Pseudomonas* sp. La bacteria alcanza las hojas por la lluvia, el viento, herramientas de labranza y por semillas. La infección se produce con alto porcentaje de humedad, las bacterias penetran en tallos y hojas a través de heridas producidas por la labranza o insectos. Al comienzo se ven manchas húmedas irregulares; luego oscurecen y se necrosa, provocando lesiones profundas. En el centro los picnidios se ven como puntos negros. Se debe usar semilla sana y variedades resistentes.

#### **Plagas:**

Los ecotipos con alto contenido de saponinas no son atacados por insectos, además se comportan como plantas trampa de nematodos que atacan a otros cultivos de rotación (Mujica A. et al. 2001). La quínoa es afectada por la polilla *Eurysacca quinoae* Povolny, encontrándose en la zona andina de Sudamérica varias especies como *E. media* Povolni, *E. melanocampta* Meyrick y el complejo ticonas: *Copitarsia turbata* H.S., *Feltia* sp, *Heliothis titicaquensis* y *Spodoptera* sp (Saravia et al. 2005), con pérdidas en el rendimiento del 5 a 67%.

*Eurysacca melanocampta* Meyrick. Esta plaga desarrolla dos generaciones en el cultivo, el control debe centrarse en los primeros estadios. Las larvas de la 1<sup>era</sup> generación excavan y se nutren del parénquima de las hojas y las inflorescencias en formación. Las larvas de la 2<sup>da</sup> generación afectan las panojas, destruyendo los granos lechosos y maduros (Ortiz R. et al. 1976). Esta plaga tiene predadores y parasitoides que realizan el control natural, estos son: *Copidosoma koehleri* Blanchard, *Dolichostoma* sp.



*Copitarsia turbata* H.S. (Lepidóptera, Noctuidae). El control se hace en la preparación del suelo con la aradura que destruye pupas, el coleóptero *Calosoma sp.*, es un predador de los primeros estadios larvales, si es necesario se aplican insecticidas de contacto y bajo poder residual.

### Producción mundial de quínoa:

En el año 2012, se cultivaron 102.745 ha, con una producción de 82.510 tn. Se incremento la producción, no así el rendimiento promedio. La siguiente tabla ha sido confeccionada con los datos aportados por la publicación de Dirección de Agro Alimentos, por la Ing. E. Lezcano.

Perú y Bolivia son los principales países productores de quínoa, Ecuador aporta un volumen reducido. El comercio mundial está concentrado en tres países andinos, Bolivia, Perú y Ecuador. Las exportaciones en los últimos veinte años han experimentado un fuerte crecimiento. El ritmo de crecimiento de las exportaciones regionales no ha sido estable, en los primeros 10 años las ventas se multiplicaron por 4 y entre el 2002 y 2012 lo hicieron por 39 (Alimentos Argentinos-Min. Agri. 2013). En el año 2011 la superficie cultivada con quínoa en estos 3 países fue de 101.541 has con una producción de 80.255 toneladas, discriminados de la siguiente manera:

AÑO	PAÍS	PRODUCCIÓN ton.	SUPERFICIE ha.	RENDIMIENTO kg/ha.
2012	Bolivia	37.500	63.300	595
2012	Perú	44.210	38.495	1.161
2012	Ecuador	800	1.250	640
Total: 82.510 ton 103.045 ha				

Fuente: Dir. Agroalimentos con datos base FAOstat

Perú y Bolivia son los principales países productores, Ecuador aporta un volumen mínimo. Se ha incrementado la producción mundial de quínoa, en el año 2004 la producción total de estos 3 países fue de 52.326 ton, en el 2012 ascendió a 82.510 ton. El área cultivada en el 2004 era de 67.243 ha, en el 2012 ascendió a 103.045 ha, el rendimiento promedio se mantuvo, en el 2004: 771 kg/ha, en el 2012: 795 kg/ha.

## Trigo Sarraceno

### Introducción

*Fagopirum sculentum* Moench, conocido como “Buckwheat”, se cultiva en Rusia, Hungría, Polonia, República Checa, Dinamarca, Francia y Alemania. En América los países productores son Estados Unidos, Canadá y Brasil. El desarrollo de esta especie se considera una actividad agrícola de protección al medio ambiente y un recurso alimenticio importante, por las propiedades nutricionales que posee.

### Origen e Historia

Originaria de las estepas de Asia Central y de Siberia, los primeros cultivos se han realizado en la región sur, luego pasó al Occidente por las rutas comerciales y por las invasiones, conocido como “Buckwheat”. En China se encuentran los primeros registros en los siglos IX y X, desde allí paso a Turquía. Ingresó a Polonia por Rusia, luego pasó a Francia, Italia, Suiza y Austria. La expansión del cultivo se originó a partir del siglo XVII y XVIII, alcanzando Gran Bretaña, Estados Unidos y Canadá.

En Estados Unidos desde la época colonial, se cultivo en el noreste y centro-norte, alcanzando un máximo en 1866, por la demanda de grano para producción de harina y el uso del fruto como alimento en la cría animal. Por las corrientes inmigratorias fue llevado a Chile y Brasil; la inmigración Ucraniana y Polaca, llegó a América del Sur, en el año 1897, se radicaron en Argentina, en la provincia de Misiones, cultivaron esta especie, para consumo propio. De acuerdo a la tradición ucraniana, en la mesa de año nuevo, como símbolo de buenos augurios, no podía faltar la leche, la miel y el trigo sarraceno.

La palabra sarraceno es una variante de sarracín, de acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española (2001) deriva del latín *Sarraceni*, procedente del arameo rabínico, que significa “habitantes del desierto” e incluye la acepción botánica “trigo sarraceno”, describiendo sus características morfológicas (González et al. 2007).

Es una planta de ciclo corto, los frutos maduran en el transcurso de tres meses; se caracteriza por tener una gran plasticidad que le permite el desarrollo en diferentes tipos de suelos, fructificando también en tierras pobres, con escasa fertilidad, por esta particularidad fue cultivado en el siglo XVI por la población de bajos recursos de Europa.

Los holandeses lo llamaron “trigo de las escrituras”, se considera que esta planta llegó a América del Norte, con la inmigración holandesa. En Europa y en los países Asiáticos, ha sido calificado un alimento básico desde tiempos remotos, por constituir una fuente proteica de alto valor biológico de origen vegetal. Se usa en la elaboración de harinas, por el contenido en almidón, no contiene gluten, es un alimento que puede ser consumido por celíacos. De las hojas se obtiene rutósido 3-O-rutinosilquercetol, en un porcentaje del 2-3%; alcanza 5-8% en las variedades mejoradas. Para extraer este compuesto la cosecha se realiza en verde (Oplinger.E.S.1.989). Este principio activo se usa en insuficiencia

venolinfática, en el tratamiento sintomático de trastornos funcionales de fragilidad capilar, hemorroides y en el descenso de agudeza y trastornos del campo visual, de origen vascular (Bruneton J. 2001).

### Características Botánicas/Especies/variedades

*Fagopyrum esculentum* Moench, Family: Polygonaceae. Synonymies: *Fagopyrum sagittatum* Gilib; *Poligonium fagopyrum* Linneo. P. Hlásná Cvepková, (2009), cita 77 accesiones, en *Fagopyrum esculentum* Moench. E.S. y Oplinger, et al. (1989), expresa que la mayoría de las accesiones de trigo sarraceno cultivadas en Estados Unidos son diploides, como: Mancan, Manor, Tempest, Tokio, Winsor Real.



Figura 1. Hojas simples, alternas



Figura 2. Flor hermafrodita



Figura 3. Inflorescencia



Figura 4. Fruto

Planta herbácea anual, de ciclo corto, muy ramificada, altura 60 - 70 cm. Raíz axonomorfa, tallo erecto, liso. Hojas simples (figura 1), enteras, sagitadas, inferiores pecioladas, superiores sésiles, de 5 a 10 cm de longitud, margen liso, ápice cuspidado, nerviación palmeada, estípula desarrollada, denominada ocrea, filotaxis alterna. Flores rosadas o blancas, hermafroditas, pequeñas (figura 2); de simetría actinomorfa, cáliz 5 sépalos, corola 5 pétalos, androceo 9 estambres, en dos verticilos, uno de 6 y otro de 3 con filamentos más cortos; gineceo súpero, gamocarpelar, con 3 carpelos, estigmas capitados, apenas fimbriados, ovario trígono, unilocular, uniovulado; óvulo ortótropo, placentación basal. Flores dispuestas en racimos corimbosos paniculados (figura 3). Polinización cruzada, presenta heterostilia, estambres y estilos con diferentes longitudes. El fruto es un aquenio trígono (figura 4), con pericarpio leñoso de color marrón, una sola semilla triangular, lenticular, de maduración irregular, perispermada; embrión antitropo, periférico, axial o curvado; endospermo harinoso (Parodi R. 1972).

### Cultivo de Pseudocereales

#### Crecimiento y Desarrollo:

Los cultivares precoces de trigo sarraceno cumplen el ciclo de siembra a maduración de semilla, en 80 - 90 días; los de ciclo largo 100 - 110 días. Realizada la siembra, al 2do y 3er día se observa la emergencia de cotiledones (figura 5), esta fase dura de 6 a 10 días, dependiendo de las condiciones climáticas. Después de la emergencia, se da lugar a la fase vegetativa, el epicotilo se desarrolla, se forman las

primeras hojas, entre las zonas de inserción de las hojas se produce el crecimiento en longitud, dando origen a los entrenudos (figura 6). A partir del 4to nudo se forman las ramificaciones (figura 7).



Figura 5. Emergencia



Figura 6. Desarrollo del epicotilo



Figura 7. 4to nudo, 1er ramificación



Figura 8. Racimos corimbosos

La fase reproductiva tiene lugar a los 20 y 30 días después de la siembra; se forman los racimos corimbosos paniculados donde se disponen las flores (figura 8), esta etapa se prolonga dos meses, a la par las hojas inferiores absicionan y caen. En esta etapa es sensible al stress hídrico y heladas. Durante la madurez fisiológica, **el ovario se transforma en fruto y el rudimento seminal en semilla, esta fase se alcanza a los 60 y 70 días. El crecimiento es indeterminado, en la planta se presentan al mismo tiempo flores, frutos verdes y maduros. Los frutos alcanzan madurez de cosecha, a los 75 – 80 días**, en esta etapa las hojas inferiores absicionan y caen; el fruto vira del color verde a marrón oscuro.

## II. Requerimientos de Clima:

De clima húmedo y fresco, con temperaturas moderadas, no tolera heladas, se debe tener en cuenta para determinar la fecha de siembra, así la planta alcanza madurez fisiológica. Sensible a condiciones climáticas desfavorables, clima seco y altas temperaturas en la etapa de flor y formación de semilla, afectan el desarrollo. En ensayos experimentales, en cultivos de secano, en Cantabria, España, situadas en diferentes condiciones climáticas y altitudes como: a) Zona de la costa, Cóbreces, 80 msnm; b) Soba, 574 msnm; c) Valderredible 730 msnm; d) Celada, 925 msnm, se observó mejor comportamiento agronómico en la zona costera, en Cóbreces, con menor altitud, clima fresco y temperaturas medias (García Méndez E.M. 2014). Para lograr un buen rendimiento en cultivos de secano, se debe conocer la característica y la frecuencia de las precipitaciones, para alcanzar buen desarrollo de plantas y producción de flores.

## III. Suelo, preparación y labranzas:

Buckwheat crece en varios tipos de suelos, con diferentes niveles de fertilidad; en terrenos fértiles, provistos de buen drenaje se obtiene mejor rendimiento (Tkachuk, J.J. et. al. 1996). Es una especie muy rustica, tolera suelos ácidos, presenta mayor tolerancia a la acidez del suelo que otras especies productoras de grano; es un cultivo eficiente en la extracción de fósforo de baja disponibilidad del suelo. Esta especie no prospera cuando se encuentran presentes capas de tosca cerca a la superficie o, en



suelos que contienen altos niveles de caliza, o son pesados y húmedos. Las costras que se forman en suelos arcillosos dificultan la emergencia de las plantas (Oplinger E.S. 1989).

Los suelos de textura media, francos, franco arenoso, franco limoso, provistos de buen drenaje, son los más adecuados para realizar el cultivo. La capa de suelo cultivable, debe ser profunda y no debe compactarse, esta especie no tolera el anegamiento. Antes de iniciar las labores preparatorias se debe verificar que la parcela, no presente en el perfil capas impermeables que dificulten el drenaje. Se deben realizar las correcciones necesarias cuando el exceso de agua superficial no penetra en el suelo con rapidez. Cuando se realiza el laboreo, se debe evitar, la destrucción de la estructura del suelo por excesiva roturación del perfil arable, e impedir la formación de capas compactas en profundidad. Solo se deben efectuar las labranzas indicadas de acuerdo a la textura del suelo.

En los cultivos bajo riego, se nivelan las parcelas, así la distribución del agua es uniforme, se usa cuchilla niveladora para alcanzar la pendiente adecuada (figura 9).



Figura 9. Nivelación



Figura 10. Rastra de discos.

En los suelos de clima seco, la materia orgánica representa menos del 5% de la fase sólida, se debe incorporar compost, para alcanzar un adecuado nivel de fertilidad, mejorando a la vez la textura y estructura. La materia orgánica permite la agregación de partículas formando estructuras más porosas, aumenta la capacidad de intercambio catiónica y de retención de agua en el suelo. La aplicación de materia orgánica en forma de compost se hace en forma manual o mecánica. Si el cultivo se realiza como rotación de una hortaliza a la que se le incorporó estiércol, en el desarrollo del cultivo de trigo sarraceno, se encuentran disponibles los nutrientes aportados anteriormente.

Se prepara la parcela, realizando la labranza con arado de rejas o discos, esta labor se ejecuta cuando está presente el rastrojo del cultivo anterior, los abonos verdes o las malezas, con el objeto que no interfiera el trabajo de la sembradora. No se recomienda quemar el rastrojo. La labranza anticipada permite almacenar los nutrientes disponibles del cultivo anterior y mejora las condiciones físicas del suelo. El rastrojo no debe interferir en el momento de la siembra, no se recomienda la quema de los mismos. Si antes se había cultivado un cereal, se debe poner atención en el laboreo del rastrojo, para evitar la formación de una capa de paja superficial que dificulte la siembra y emergencia del trigo

sarraceno (Napoli G., et al.1994). El arado labra las capas superficiales entre 20 y 40 cm, entierra restos del cultivo anterior y malezas presentes. Esta labor debe realizarse con una adecuada humedad del suelo, para evitar la compactación.

En el hemisferio Norte, en cultivos extensivos de secano, buckwheat es una rotación de una pradera temporal, el terreno se prepara en abril. En el hemisferio sur las labranzas se hacen en junio, después de segar una pradera o un cultivo. Las semillas de malezas quedan en los 2cm de la capa superior del suelo y germinan después de la lluvia; al emerger las malezas, se pasa rastra de discos (figura 10), disgregando todo el material verde, luego se hace una segunda arada y la parcela queda en condiciones para realizar la siembra.

### **Fertilización:**

Las necesidades de nutrientes, se calculan en función de las características del suelo, de la disponibilidad de los elementos presentes y del sistema de riego, también se considera la cosecha esperada, porque la misma extrae nutrientes del suelo. La aplicación de abonos y/o fertilizante requiere del análisis previo del suelo, para incorporar lo necesario. Aportes altos de nitrógeno, producen gran desarrollo vegetativo, que da lugar al vuelco de las plantas, además de tornarlas más sensible al ataque de enfermedades criptogámicas.

Napoli, (1994) expresa que el cultivo, por cada 1.600 kg de semilla producida por hectárea, extrae del suelo 47 kg de nitrógeno, 22 kg de fósforo y 40 kg de potasio. El fósforo es necesario para el crecimiento y producción de flores; está presente en el suelo, pero no disponible, se incorpora como fosfato di amónico, en el momento de la siembra en suelos ácidos, cuando el pH es mayor, es preferible fosfato mono amónico.

### **Siembra directa:**

La distancia entre líneas es 15-17 cm, profundidad 4.6 cm, con sembradora de grano fino, la semilla debe quedar en contacto con el suelo húmedo. En 1 ha, se pone de 60-70 kg de semilla, si se coloca menos, las plantas se ramifican, hay gran desarrollo vegetativo que provoca el vuelco de las plantas (Napoli G. et al.1994). Si se realizó una labranza previa del suelo, se puede usar una sembradora neumática de hortalizas de precisión, empleando menos semillas. Esta labranza no debe refinar el suelo en exceso para proteger su estructura.

Las semillas germinan con temperaturas de 20°C y 25°C. En cada sitio geográfico, se debe ubicar la fecha oportuna de siembra, tratando que el ciclo vegetativo y reproductivo no sea afectado por heladas. En el Hemisferio Norte en Aragón, España se recomienda realizar la siembra en el mes de Junio/Julio, de acuerdo a los ensayos ejecutados en Valderredible por García Méndez E. en el año 2014. En esta zona se observó mayor rendimiento, en las parcelas sembradas en verano, con una producción de 1.400 kg/ha.

En el Hemisferio Sur, en las experiencias realizadas en Córdoba por Dionisi C. (2012) y Napoli G. et al. (1994) en Misiones, Argentina, se comprobó que la siembra se debe realizar después de pasado el peligro de heladas.

### **Riego y Labores culturales:**

En cultivos de secano, si la explotación tiene equipo de bombeo, se da un riego durante la emergencia de las plantas. No se ejecutan labores culturales después de la siembra, por la proximidad entre las líneas cultivadas y el desarrollo vegetativo rápido de la planta, en estas condiciones, las malezas no encuentran ambientes apropiados para el desarrollo. El cultivo crece alcanzando en breve tiempo alta densidad de plantas, esto lo lleva a competir con la maleza (Napoli G. et al. 1994). En la figura 11, se observa la uniformidad del cultivo y la densidad alcanzada en una parcela de buckwheat. En la figura 12, se muestra el fruto maduro de color marrón.



Figura 11. Cultivo en flor



Figura 12. Fruto maduro



Figura 13. 75% de Frutos maduros

### **Cosecha – Rendimiento:**

La cosecha se realiza cuando el 75% de la semilla ha madurado (figura 13), de siembra a cosecha transcurren 75 a 80 días en variedades de ciclo corto y 120 días en las de ciclo largo. La siega se realiza de mañana, con el cultivo húmedo por el rocío, disminuyendo así las pérdidas por desgrane. El corte de la planta se hace bajo para alcanzar todos los niveles de floración. El equipo de cosecha corta e hilera (figura 15), se deja la biomasa vegetal en el campo, para que se deshidrate, cuando alcanzan 14-16% de humedad, se trilla. Posteriormente se limpia mediante el uso de zarandas para eliminar la tierra y restos vegetales. Los frutos (figura 16), limpios, con 14% de humedad, se guardan en bolsas, que se colocan sobre tarimas elevadas a 15 cm del suelo, en el sector de almacenaje. Se debe mantener limpio y hacer el control de insectos: gorgojo, carcoma y de roedores.

El rendimiento es muy variable oscila entre 600 y 2.500 kg/ha dependiendo de las condiciones del suelo y clima.



Figura 15. Cosechadora, corta e hilera



Figura 16. Frutos



Figura 17. Embolsado y almacenaje.

### Enfermedades y Plagas:

En las investigaciones realizadas en Cantabria, España por García Méndez E., (2014), no se observó la presencia de enfermedades y plagas. En el ensayo realizado en Córdoba, Argentina, por Dionisi C. (2012), las infecciones detectadas no representaron un inconveniente serio en la producción. En Misiones, Argentina, los ensayos de cultivo realizados en Cerro Azul, Misiones, por Napoli G. et al. (1.994) cita las siguientes enfermedades que ocasionalmente afectaron el cultivo en el Noreste de Argentina:

**1. *Rhizoctonia sp.*** Este hongo basidiomiceto, afecta en invierno, provoca lesiones en las raíces, cuello e hipocotilo de las plantas y hojas que están en contacto con el suelo húmedo. Produce en plantas adultas, ahogamiento, pudrición de raíz y canchros de tallo, se observa en las hojas inferiores, cercanas al suelo, tizones. Las plantas mueren poco después de emerger, principalmente en suelos húmedos. El control se realiza con hongos antagonistas *Trichoderma harzianum* (Agrios G.N. 1996).

**2. *Ramularia sp.*** Hongo que forma conidios, se desarrolla en ambientes húmedos, a 20°C, no prospera a temperaturas superiores de 27°C. Se observan en las hojas manchas blancas, que viran a castaño claro. Si la infección es tardía, no afecta el rendimiento, en ataques tempranos, causa defoliación y pérdidas de producción por reducción de la actividad fotosintética. La infección y desarrollo se observa con precipitaciones persistentes (Messiaen C.M. 1995).

**3. *Aster Yellows***, micoplasma, induce necrosis del líber con interrupción del crecimiento, si las plantas sobreviven a la infección, las flores presentan fenómenos de ramificación anormal e hipertrofia del cáliz, los pétalos toman coloración verde o se atrofian, estambres se tornan estériles y los carpelos retoman el estado foliáceo. Se trasmite por vectores, las epidemias graves están relacionadas con la presencia de plantas reservorios silvestres y la proliferación de vectores de cicadélidos (Messiaen C.M. 1995). El control consiste en eliminar las plantas reservorios y acrecentar los parasitoides, himenópteros de las familias *Dryinidae* y *Mymaridae*.

### Plagas:

Se ha observado ataque de hormigas, pulgones, gusanos y daños causados por pájaros antes de la cosecha y por roedores, especialmente en cultivos volcados. Para el control se debe incrementar la



actividad de los enemigos naturales de las plagas del cultivo, que incluyen otros insectos, hongos, bacterias y virus patógenos' (Lampkin N. 2001).

#### **Hormigas:**

Los daños provocados pueden ser importantes, más en épocas de sequía, porque el trigo sarraceno es el único cultivo que continua vegetando. Se debe realizar el control preventivo de hormigueros en la parcela a cultivar y en las bandas periféricas.

#### **Pulgonas:**

Se observan afectando al cultivo, se recomienda realizar control biológico de plagas, favoreciendo el desarrollo de larvas y adultos de Coccinélidos, micro-himenópteros, Carabidae, larvas de Crisópidos, Sirfidos y ninfas de *Mantidae*, estos enemigos naturales son muy voraces, atacan pulgonas, huevos de mariposas, orugas de Lepidópteros.

#### **Producción Mundial de Trigo Sarraceno**

De acuerdo al análisis realizado por Fantasía M.R (2009), la producción mundial alcanza a 3.000.000 de toneladas, con oscilaciones anuales. Los países productores de trigo sarraceno, son también los mayores consumidores, así China produce 55% del total mundial, Rusia 20%, Ucrania 15% y Polonia 3%. En América los países productores Estados Unidos, Canadá y Brasil, son exportadores.

### **Bibliografía.**

1. Agrios G.N. Fitopatología. Editorial Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México. 1996. p 507.
2. Bruneton J. Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales, 2da edición. Editorial Acribia. España. 2001. p 324-325.
3. Dionisi C.P. Adaptación de trigo sarraceno Argentina. Una alternativa repleta de beneficios. 2013. p 10.
4. García Méndez E., Siliuto Rueda C., Velasco Alonso I., Raposo Rodríguez S. El cultivo experimental. Revista El Valle. Valderrible No 10. 2014. p 18-23.
5. Fantasía M.R. Trigo Sarraceno, Grado de información, aceptabilidad y frecuencia de consumo. Universidad FASTA Facultad Ciencias de la Salud Licenciatura en Nutrición. 2009. p 24-25.  
<http://redi.ufasta.edu.ar>
6. González E., García B., CSIC, Instituto de la Lengua Española, Sarracin, Sarraceno y su campo semántico. Un problema léxico abierto. Interlinguística. 2007. p 446-448.
7. Hlásná P., Cv epková, D. Janovská and Z. Stehno. Assessment of genetic diversity of selected tartary and common buckwheat accessions. (INIA) Spanish Journal of Agricultural Research. 2009, pp. 844-854.
8. Lampkin N. 2001. Agri. Ecologic. Editions Mundi-Preens. Madrid. Barcelona. México. 2001. p 232-233.
9. Messiaen C.M. D. Blancard, F. Rouxel, R. Lafon. 1995. Enfermedades de las hortalizas. Ediciones Mundi-Prensa. 1995, p 54-55.
10. Napoli G., Morganti A., Flesler H. Trigo Sarraceno. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Belgrano. 1994. p 15 –33.
11. Oplinger E.S., E.A. Oelke E.A., Brinkman M.A., Kelling K.A. Buckwheat. Alternative Field Crops University Wisconsin – Extension, University of Minnesota: Center for Alternative Plant & Animal Products and the Minnesota Extension Service. 1989. p 4  
<https://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/buckwheat.html>
12. Parodi R. Enciclopedia Arg. Agricultura y Ganadería. Vol. I, 2da edición. Edit ACME. 1972. p. 339.
13. Tkachuk J.J., Gembarowsky M.A. El alforfón. Cartilla Nº 11. INTA. E. E.A.Cerro Azul. 1996. p.2-3.

## **Amaranto. *Amaranthus hypochondriacus* L., *Amaranthus cruentus* L., y *Amaranthus caudatus* L., (Amaranthaceae).**

### **Introducción**

*Amaranthus hypochondriacus* L., *Amaranthus cruentus* L., y *Amaranthus caudatus* L., conocidos como “Amaranthos”, se cultivan para grano en regiones tropicales de África, Centro y Sudamérica y el Sudeste de Asia (especialmente en India) como también en regiones templadas (Norte América). En América los países productores son Estados Unidos, México, Guatemala, Ecuador, Perú, Bolivia y menor medida Argentina. Desde su redescubrimiento en 1980, estas especies han sido valuadas como promisorios para la seguridad alimentaria debido a su resistencia y/o tolerancia a factores abióticos y bióticos tales como temperatura, sequía, plagas y enfermedades y también debido al elevado valor nutricional de sus granos.

### **Origen e Historia**

Las tres especies de amarantos de grano son hierbas anuales domesticadas prehistóricamente en las tierras altas del trópico y subtrópico de América (Sauer 1976). Los hallazgos arqueológicos efectuados en Tehuacán, Puebla, México, muestran que *A. cruentus* fue ya cultivado hace más de 4000 años B.C. y estuvo acompañado por el cultivo de *A. hypochondriacus* alrededor de 500 años A.D. (Sauer 1976). Bajo la cultura azteca, en el valle de Anáhuac, alcanzaron su máxima utilización. También en el siglo XV los indios nativos de Arizona cultivaron *A. hypochondriacus*. Los hallazgos arqueológicos más tempranos de *A. caudatus* provienen de una urna encontrada en el Noroeste de Argentina (Salta) datada en 2000 años, que contenía flores y semillas pálidas de amaranto junto con maíz, poroto y chenopodios (Hunziker y Planchuelo 1971). Los cronistas españoles destacaron el valor alimenticio, cultural y religioso que estos pseudocereales ocupaban en las poblaciones pre-colombinas; como ejemplo de la posición sagrada que ocupaban en las culturas de México, las prácticas de su cultivo presentaba una nomenclatura especial (Itúrbide y Gispert 1992). Consecuentemente durante la conquista, varios factores actuaron sinérgicamente en la reducción del cultivo de amaranto hasta considerarse un relicto en sus principales zonas de producción (Sauer 1976). Entre las causas principales se encuentran la sustitución por otras especies de grano, introducidas desde el Viejo Mundo; la falta de aprecio y motivos religiosos, a las que refieren los cronistas españoles, principalmente los religiosos (Itúrbide y Gispert 1992).

Sauer (1967) propuso dos hipótesis para el origen de los amarantos de acuerdo a la distribución geográfica de sus parientes silvestres, el área de cultivo actual y los caracteres morfológicos. La primera hipótesis sugiere que las tres especies cultivadas podría ser el resultado de la domesticación de una sola especie que luego por sucesivos eventos de hibridación con especies silvestres del subgénero dieron lugar a las otras especies cultivadas. Por otro lado, la segunda hipótesis sugiere que las especies podrían

haber derivado de tres eventos independientes domesticación a partir de especies silvestres diferentes en ambos lados del continente. Con respecto a la primera hipótesis, Sauer (1967) especuló que *Amaranthus hybridus* dio lugar a *A. cruentus*. Posteriormente, por medio de un primer evento de hibridación entre *A. cruentus* y la especie silvestre *Amaranthus powelli* se originó *A. hypochondriacus*. Por otro lado, *A. caudatus* se originó por medio de un segundo evento de hibridación entre *A. cruentus* y otra especie silvestre desconocida. Para la segunda hipótesis especula que *A. hypochondriacus* se originó de *A. powelli* por selección para cultivo granífero dentro de su área de cultivo actual en América del Norte. *Amaranthus cruentus* se originó en el sur de México o Guatemala, la única región donde se encuentra como cultivo dentro del rango de distribución de su posible progenitor (*A. hybridus*). Por último, *A. caudatus* se originó por domesticación de *Amaranthus quitensis* en los Andes.

Recientemente, Kietlinski et al. (2014) utilizó microsatelites y un muestreo más exhaustivo de los parientes silvestres del subgénero para dilucidar las relaciones filogenéticas de las especies cultivadas y entre estas y las especies del complejo *A. hybridus*. Sus resultados señalan que *A. quitensis* es una especie diferente de *A. hybridus*, pero no el progenitor directo de *A. caudatus*, a pesar de que ambos producen híbridos con algún grado variable de viabilidad donde se superponen sus rangos de distribución. *A. hybridus* podría representar a dos especies crípticas o una sola especie con amplia variabilidad de la que se originaron las tres especies cultivadas de amarantos. Adicionalmente, con respecto a las relaciones entre las especies cultivadas y los eventos de domesticación, propone que existe una estrecha relación filogenética entre *A. hypochondriacus* y *A. caudatus* a pesar de la separación geográfica de ambas especies. De acuerdo a esta relación propone dos hipótesis para el origen de *A. hypochondriacus* y *A. caudatus*. La primera refiere a un solo evento de domesticación en Mesoamérica o en los Andes a partir de *A. hybridus* seguido por divergencia geográfica; mientras que la segunda a una domesticación dual del linaje, en la que *A. hybridus* con amplia distribución fue domesticado independientemente en Mesoamérica y los Andes. Por último, señala que *A. cruentus* podría haberse originado de una extensión secundaria del rango geográfico de *A. hybridus* hacia Guatemala y el centro de México, puesto que es la especie más distintiva y presenta una alta variabilidad genética.

### **Características Botánicas/Especies/variedades**

***Amaranthus hypochondriacus* L., *Amaranthus cruentus* L., y *Amaranthus caudatus* L., Family: *Amaranthaceae*.**

Se estima que existen alrededor de 21 colecciones de germoplasma a nivel mundial. Las más importantes están ubicadas en América, China e India (Jacobsen y Mujica 2001). Otras colecciones menores están dispersas en Estados Unidos y Argentina. La mayor parte de las colecciones mantienen semillas de especies cultivadas y pocos esfuerzos de recolección se destinaron a sus parientes silvestres, existiendo importantes vacíos en las colecciones actuales. Estudios citogenéticos en variedades



cultivadas muestran que todas las especies son diploides y presentan número cromosómico variable; en *A. hypochondriacus* y *A. caudatus* se estimó un valor de  $2n = 32$ ; mientras que en *A. cruentus* de  $2n = 34$  (Bonasora et al 2013).

Los amarantos cultivados para grano son hierbas anuales, que alcanzan considerable altura (Fig. 1). Tienen hojas elípticas a ovado lanceoladas y lanceoladas, con ápice de agudo a acuminado. Presentan inflorescencias grandes y ramificadas, de color uniforme, verde, rojo o amarillo o variable, con flores que presentan brácteas agudas o no y con tendencia a ser más erectas y algo más péndulas dependiendo de la especie. De la misma manera las semillas son de color muy variable.



Fig. 1. *Amaranthus cruentus* cultivo en Buenos Aires (cortesía Julio Rivas)

La germinación del amaranto se inicia a las pocas horas de tener humedad en el suelo, alargándose primero la radícula que continúa creciendo y da lugar a una raíz pivotante vigorosa con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse. El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada, alcanza de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas, aunque a veces se observa estrías de diferentes colores, presenta ramificaciones que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se originan de las axilas de las hojas. Las hojas son pecioladas, sin estípulas de formas ovales, elípticas, opuestas o alternas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, presentando borde entero, de tamaño variable de 6.5-15 cm (Fig. 1) (Itúrbide y Gispert 1992, Mujica 1992).

La inflorescencia corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas (Fig. 2), terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 0.5-0.9 m pudiendo presentar diversas formas (Itúrbide y Gispert 1992, Mujica 1992).

Fig. 2. Inflorescence of *Amaranthus caudatus*

Las flores son unisexuales pequeñas, estaminadas y pistiladas. El glomérulo es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base nacen dos flores laterales femeninas, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente (Hunziker 1953). Un glomérulo puede contener 250 flores femeninas. El porcentaje de alogamia varía entre el 10 y el 50%, incluso entre individuos de una misma población. El cruzamiento depende del viento, número de insectos polinizadores, producción de polen.

El fruto es un pixidio unilocular, que a la madurez se abre transversalmente, dejando caer el opérculo, para poner al descubierto la urna, donde se encuentra la semilla (Hunziker 1953). La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo (Fig. 3). En el grano se distingue: el episperma constituida por una capa de células muy finas, el endosperma, el embrión formado por los cotiledones rico en proteínas y el perisperma rico en almidones (Irving et al., 1981). Por lo general las semillas no muestran dormición, al tener humedad incluso germinan en la planta.

Fig.3. Semillas de *Amaranthus*

## Cultivo de Pseudocereales

### I. Crecimiento y Desarrollo

La características fenológicas de los amarantos varían ampliamente de acuerdo a la especie cultivada y las condiciones agroclimáticas donde se cultivan. Sin embargo, en términos generales el periodo desde siembra al 50% de floración varía entre 60 y 98 días, mientras que periodo hasta madurez entre 130 y

180 días La descripción de los estados fenológicos del amaranto ha sido presentada por Mujica y Quillahuamán (1989) y Henderson (1993). Los estados fenológicos coincidentes por ambos autores son los siguientes:

**Emergencia (VE):** Es la fase en la cual las plántulas emergen del suelo y muestran sus dos cotiledones extendidos y en el surco se observa por lo menos un 50% de población en este estado. Todas las hojas verdaderas sobre los cotiledones tienen un tamaño menor a 2 cm de largo. Este estado puede durar de 8 a 21 días dependiendo de las condiciones agroclimáticas.

**Fase vegetativa (V1....Vn):** Estas se determinan contando el número de nudos en el tallo principal donde las hojas se encuentran expandidas por lo menos 2 cm de largo. El primer nudo corresponde al estado V1 el segundo es V2 y así sucesivamente. A medida que las hojas basales senescen la cicatriz dejada en el tallo principal se utiliza para considerar el nudo que corresponda. La planta comienza a ramificarse en estado V4.

**Fase reproductiva.** Inicio de panoja (R1): El ápice de la inflorescencia es visible en el extremo del tallo. Este estado se observa entre 50 y 70 días después de siembra. Panoja (R2): La panoja tiene al menos 2 cm de largo. Término de panoja (R3): La panoja tiene al menos 5 cm de largo. Si la antesis ya ha comenzado cuando se ha alcanzado esta etapa, la planta debiera ser clasificada en la etapa siguiente. Antesis (R4): Al menos una flor se encuentra abierta mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible. Las flores hermafroditas, son las primeras en abrir y generalmente la antesis comienza desde el punto medio del eje central de la panoja hacia las ramificaciones laterales de esta misma. En esta etapa existe alta sensibilidad a las heladas y al stress hídrico. Este estado puede ser dividido en varios sub-estados, de acuerdo al porcentaje de flores del eje central de la panoja que han completado antesis. Por ejemplo si 20% de las flores del eje central han completado la antesis, el estado será R 4.2 y si es 50%, el estado correspondería a R 4.5. La floración debe observarse a medio día ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, durante esta etapa la planta comienza a eliminar las hojas inferiores más viejas y de menor eficiencia fotosintética.

**Llenado de granos (R5):** La antesis se ha completado en al menos el 95% del eje central de la panoja. Esta etapa según Mujica y Quihuallamán (1989), puede ser dividida en: grano lechoso. Las semillas al ser presionadas entre los dedos, dejan salir un líquido lechoso y grano pastoso: Las semillas al ser presionadas entre los dedos presentan una consistencia pastosa de color blanquecino.

**Madurez fisiológica (R6):** Un criterio definitivo para determinar madurez fisiológica aún no ha sido establecido; pero el cambio de color de la panoja es el indicador más utilizado. En panojas verdes, éstas cambian de color verde a un color oro y en panojas rojas cambian de color rojo a café-rojizo. Además las semillas son duras y no es posible enterrarles la uña. En esta estado al sacudir la panoja, las semillas ya maduras caen.

**Madurez de cosecha (R7):** Las hojas senescen y caen, la planta tiene un aspecto seco de color café. Generalmente se espera que caiga una helada de otoño para que disminuya la humedad de la semilla.

## II. Requerimientos de Clima

Los genotipos de amaranto que se cultivan en agro ecosistemas campesinos del centro y sur de México son variedades criollas, aunque existe un número reducido de variedades mejoradas de dos especies: *A. hypochondriacus* L., para localidades con altitud de 1 500 a 2 200 m y clima templado y *A. cruentus* L., para localidades con 400 a 1 500 msnm y clima cálido (García-Pereyra et al., 2004). En el caso *A. caudatus*, el cultivo se extiende desde Ecuador hasta el Norte Argentina, en áreas templadas y valles interandinos, desde el nivel del mar hasta los 3100 msnm. Prefieren días cortos, aunque muestren adaptabilidad a diferentes ambientes y pueden florecer con días de 12-16 horas. Los requerimientos de humedad varían de 400 a 800 mm, sin embargo se obtienen producciones aceptables con 250 mm, aunque requiere niveles razonables de humedad para la germinación y la floración, puede tolerar periodos de sequia después del establecimiento de la planta. En zonas de clima subtropical, es posible obtener dos cosechas al año, sobre todo bajo riego. En zonas templadas, las aéreas cultivadas están supeditadas en su mayoría al inicio del temporal en los meses de mayo a junio, con un promedio de 500 a 800 mm de precipitación. Se han observado cultivos en zonas con 1000 mm de precipitación anual. Es sensible al frío, pudiendo soportar solo 4 °C al estado de ramificación y 35 a 40 °C como temperatura máxima.

## III. Soil and Crop management

Desarrollan mejor en suelos de textura franca y franco-arenosa, y en general no toleran los suelos arcillosos. Prefieren suelos con alto contenidos de materia orgánica y buen drenaje, aunque puede adaptarse a una amplia gama. El pH ideal es de 6-7, aunque se han encontrado cultivos en suelos ácidos y en pH de 8.5. Muestra tolerancia a la toxicidad de aluminio (Mujica 1992, Soto Mendizábal 2010).

El cultivo de amaranto se lleva a cabo de dos maneras: mediante almácigos en la zona de chinampas (centro de México) y mediante siembra directa. El cultivo mediante almacigo es ancestral y en algunas localidades donde todavía se practica, consiste en la preparación de almácigos y su posterior trasplante. La siembra directa es más común hacia el sur de México. Se efectúa en el lomo del surco a chorro, al inicio de las lluvias. Posteriormente se practica el raleo de plantas, cuando miden 10 a 15 cm de altura. En general las prácticas culturales son similares a las que se utilizan en el cultivo del maíz: aporcadura, fertilización en dos etapas y escarda de malezas. La cosecha en esas aéreas de cultivo es similar a las del Valle de México. En los meses de septiembre a octubre las panojas se cortan y una vez secas con todas las hojas del tallo se forman montones para golpearlas y desprender las semillas. Evaluaciones de genotipos de *A. cruentus* y *A. hypochondriacus* en el Noreste de México muestran rendimientos variables entre 800 a 2300 kg/ha, aunque es posible aumentarlos incrementando las densidades de siembra y mediante el uso de fertilizantes (García Pereyra et al. 2009, Kaur et al., 2010).



Para *A. caudatus*, el cultivo se mantiene en forma tradicional en los Andes de Perú, Bolivia, Ecuador y Argentina. Se observan diferentes formas y sistemas de cultivo que van desde siembra directa, al trasplante con riego o secano, asociado al maíz, intercalado, como bordura, siembra hortícola junto a las viviendas, parcelas reducidas en minifundio, hasta en áreas extensivas. Tradicionalmente se siembra en condiciones de secano y sin fertilización. Al tratarse de una semilla muy pequeña, el suelo debe estar adecuadamente preparado (desterronado y mullido), por ello se recomienda hacer la arada, rastrada y surcada ya sea en forma tradicional con yunta o en forma mecanizada. Se siembra a menudo asociado al maíz y en caso de siembra única, en surcos distanciados 80 cm, a chorro continuo. Al alcanzar los 20-25 cm se efectúa la primera escarda, así como el raleo cuando las plántulas están aglomeradas o para trasplantarlas a espacios de mayor humedad (Mujica 1992).

El control de malezas es realizado de manera manual, en algunos casos (próximos a la cosecha) se recomienda la depuración de plantas que no presentan características deseables. El aporque se recomienda realizar inmediatamente después del control de malezas, debido a que esta práctica mejora la estabilidad del cultivo, cuando la planta alcanza altura superiores a los 1.5 m de altura. El cultivo de amaranto por lo general es de temporal o secano, sin embargo, en terrenos bajo riego, se recomienda la preparación del terreno con riegos pesados, riegos moderados a la siembra y al inicio de floración y riegos ligeros durante el desarrollo vegetativo, donde el número y frecuencia de riegos varía según el tipo de suelo y las condiciones climáticas. En ausencia de lluvias es necesario regar cada 30 días con énfasis en las fases de floración y llenado de granos (Soto Mendizábal 2010).

La cosecha se realiza antes de la total madurez para anticipar la caída de las semillas. Consiste en cortar las plantas con hoces, a 20 cm del suelo, formando pequeñas gavillas encima de los surcos, hasta secarse. Para desgranar se golpean con varas, sobre telas extendidas o sobre el suelo apisonado, luego se cierne para separar el grano de la broza. El mejoramiento del cultivo consiste en preparar adecuadamente el suelo y sembrar en forma directa con una densidad de 4-6 kg/ha, de semilla seleccionadas, en surcos de 80 cm, aplicando fertilizantes de acuerdo con la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo. Las labores culturales consisten en una o dos escardas y un aporcado ligero para evitar el vuelco por el peso de las inflorescencias (Soto Mendizábal 2010). El rendimiento que se obtiene varía entre 2000-5000 kg/ha en el Perú y 900-4000 kg/ha en el Ecuador.

### **Pest Management**

Las enfermedades más frecuentes que atacan la semilla son *Pythium* spp., y *Fusarium* spp. Las enfermedades que ocasionan la pudrición de tallos y la raíz son provocadas por los hongos *Esclerotinia* spp., y *Alternaria* spp. La plaga más común es *Diabrotica* spp. Conocida como "loritos" que pueden dañar a las plantas durante la emergencia; entre otras plagas se encuentran *Agrotis* spp. y *Eupicata* spp. En condiciones de cultivo en Buenos Aires, se observó ataque de bicho moro (*Epicauta adspersa*) y oruga del yuyo colorado (*Loxostege bifidalis*) ocasionando defoliación severa en hojas superiores,

controlándose ambas plagas mediante el uso de tierra de diatomeas al 1.5%. Por otro lado, bajo las mismas condiciones de crecimiento se observaron daños por individuos aislados de astilo moteado (*Astylus atromaculatus*) en panoja, el que fue controlado por pulverización con Clorpirifós 600 cm<sup>3</sup> y Piretrinas 150 cm<sup>3</sup> (Jacquelin et al., 2011).

### **Produccion Mundial de pseudocereales y usos**

En el contexto de comercial, el amaranto no cuenta con una posición arancelaria específica, sino que está incluido en la posición arancelaria de “los demás cereales” (1008.90.10 y 1008.90.90, a 11 dígitos) y las “demás harinas de cereales” (1102.90.00.900D). Aunque no se dispone de fuentes oficiales a nivel mundial que permitan conocer específicamente el volumen de producción de amaranto, el incremento de las exportaciones mundiales de “los demás cereales sin moler” (categoría en donde está incluido el amaranto) mostraron una tendencia general creciente en el período 2007 - 2012, probablemente como consecuencia de un incremento en el volumen de producción. Los dos países principales de los cuales procedieron la mayoría de las importaciones fueron Perú y Bolivia, registrándose un rango de valores de la tonelada exportada entre US\$ 360 (el más bajo en 2009) y US\$ 640 (el más alto en 2011). En el mismo período, los países con mayor protagonismo en el volumen de operaciones comerciales fueron Alemania, Francia, Lituania, Polonia y China (Alimentos Argentinos-Min. Agri. 2013).

## Bibliografía

1. Bonasora, M. G., Poggio, L., & Greizerstein, E. J. (2013). Cytogenetic studies in four cultivated *Amaranthus* (Amaranthaceae) species. *Comparative cytogenetics*, 7(1), 53.
2. García-Pereyra, J., Valdés-Lozano, C. G. S., Olivares-Saenz, E., Alvarado-Gómez, O., Alejandro-Iturbide, G., Salazar-Sosa, E., & Medrano-Roldán, H. (2009). Rendimiento de grano y calidad del forraje de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivado a diferentes densidades en el noreste de México. *Phyton (Buenos Aires)*, 78(1), 53-60.
3. Henderson, T.L. 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Tesis Ph. D. North Dakota State, North Dakota, USA.
4. Hunziker, A. T., & Planchuelo, A. M. (1971). Sobre un nuevo hallazgo de *Amaranthus caudatus* en tumbas indígenas de Argentina. *Kurtziana*, 6, 63-67.
5. Hunziker, A. T. (1952). *Los pseudocereales de la agricultura indígena de América*. Buenos Aires: Acme Agency.
6. Irving, D., Betschart, A. A., & Saunders, R. M. (1981). Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. *Journal of Food Science*, 46(4), 1170-1174.
7. Iturbide, G., & Gispert, M. (1992). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. *FAO, Roma*.
8. Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2003). The genetic resources of Andean grain amaranths (*Amaranthus caudatus* L, *A. cruentus* L. and *A. hypochondriacus* L) in America. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 41-44.
9. Jacquelin, L. M., Llovet, A., & Elisei, J. (2011). El Cultivo de Amaranto.
10. Kaur, S., Singh, N., & Rana, J. C. (2010). *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* germplasm: Characteristics of plants, grain and flours. *Food chemistry*, 123(4), 1227-1234.
11. Kietlinski, K. D., Jimenez, F., Jellen, E. N., Maughan, P. J., Smith, S. M., & Pratt, D. B. (2014). Relationships between the Weedy (*Amaranthaceae*) and the Grain Amaranths. *Crop Science*, 54(1), 220-228.
12. Mujica, A. (1992). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. *FAO, Roma*.
13. Mujica, S.A. y A. Quillahuaman. 1989. Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). p. 29-31. En: Curso taller fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Puno, 7-10 agosto. INIA, PICA. Perú.
14. Pereyra, J. G., Lozano, C. G. V., Sáenz, E. O., Gómez, O. A., Roldan, H. M., & Iturbide, G. A. (2004). Evaluación de genotipos de amaranto para adaptabilidad productiva en el noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(Es1), 53-56.
15. Rojas, W., Soto, J. L., Pinto, M., Jäger, M., & Padulosi, S. (2010). Granos Andinos Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. *Bioversity International, Roma, Italia*
16. Sauer, J. D. (1967). The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 103-137.
17. Sauer, J. D. (1976). Grain amaranths *Amaranthus* spp.(*Amaranthaceae*). *Evolution of Crop Plants*. NW Simmonds, ed.